

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 37 814 A 1**

⑤⑦ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 L 49/00**  
G 01 P 15/12

⑳ Aktenzeichen: 195 37 814.8  
㉔ Anmeldetag: 11. 10. 95  
㉕ Offenlegungstag: 17. 4. 97

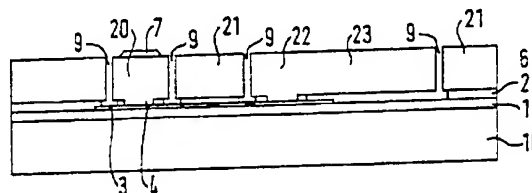
DE 195 37 814 A 1

⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Kurle, Juergen, 72786 Reutlingen, DE; Funk, Karsten,  
Dipl.-Ing., 70195 Stuttgart, DE; Laermer, Franz, Dr.,  
70437 Stuttgart, DE; Offenberg, Michael, Dr.-Ing. Dr.,  
72076 Tübingen, DE; Schilp, Andrea, 73525  
Schwäbisch Gmünd, DE

⑤④ Sensor und Verfahren zur Herstellung eines Sensors

⑤⑦ Es wird ein Sensor beziehungsweise ein Verfahren zur Herstellung eines Sensors vorgeschlagen, bei dem aus einer Siliziumschicht (6) ein bewegliches Element herausstrukturiert ist, welches auf einem Substrat (10) befestigt ist. Die Leitschicht (6) ist in verschiedene Bereiche unterteilt, die elektrisch voneinander isoliert sind. Die elektrische Verbindung zwischen den verschiedenen Bereichen der Siliziumschicht (6) wird durch eine Leitschicht (3) hergestellt, die zwischen einer ersten und einer zweiten Isolationsschicht 1, 2 angeordnet ist.



DE 195 37 814 A 1

# Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Sensor und einem Verfahren zur Herstellung eines Sensors nach der Gattung der unabhängigen Patentansprüche. Aus der DE 43 18 466 ist bereits ein Sensor und ein Verfahren zur Herstellung eines Sensors bekannt, bei dem ein Substrat mit einer Siliziumschicht versehen ist. Aus der Siliziumschicht wird ein bewegliches Element für den Sensor herausstrukturiert.

## Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Sensor beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche hat demgegenüber den Vorteil, durch die Leitschicht eine besonderes vorteilhafte Kontaktierung der Sensorelemente sichergestellt werden kann. Die Leitschicht (3) ist dabei durch eine dielektrische Isolation, die besonders hochwertig ist, gegen einen unerwünschten elektrischen Kontakt mit der Siliziumschicht isoliert.

Durch die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Sensors und des Verfahrens nach den unabhängigen Patentansprüchen möglich. Aufgrund des angepaßten thermischen Ausdehnung ist Silicium als Substratmaterial in besonderer Weise geeignet, da so thermisch bedingte Verspannungen, die die Kennlinie des Sensors beeinflussen können, vermieden werden. Durch eine Verwendung einer ersten und zweiten Isolationsschicht kann eine vollständige dielektrische Isolation der Leiterbahnen gegen die Umgebung erfolgen. Das bewegliche Element kann dann mit einem Rahmen vollständig umgeben werden, so daß eine gute Trennung zwischen dem Bereich, in dem das bewegliche Element angeordnet ist, von Kontaktbereichen geschaffen werden. Mittels eines Deckels kann dann das bewegliche Element hermetisch von der Umgebung getrennt werden. Wenn das bewegliche Element durch eine Beschleunigung auslenkbar ist, kann das Sensorelement als Beschleunigungssensor verwendet werden. Dabei kann ein großes Nutzsignal erzielt werden, wenn eine Vielzahl von feststehenden und beweglichen Elektroden verwendet werden. Durch eine symmetrische Anordnung dieser Elektroden wird die Meßbarkeit des Sensorsignals verbessert. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die einfache Herstellung eines Sensorelements, wobei dabei nur Verfahrensschritte verwendet werden, die aus der Halbleitertechnik gut bekannt sind. Weiterhin sind beim erfindungsgemäßen Verfahren nur wenige Lithographieschritte erforderlich.

## Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 bis 8 das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren Fig. 9 eine Aufsicht auf die Siliziumschicht eines Beschleunigungssensors, Fig. 10 die Anordnung der Leitschicht des Sensors nach der Fig. 9, und die Fig. 11 und 12 weitere Ausführungsbeispiele von Sensoren.

In der Fig. 1 wird ein Siliciumsubstrat (10) gezeigt, auf dem eine erste Isolationsschicht (1) und darauf eine Leitschicht (3) aufgebracht ist. Bei der ersten Isolationsschicht (1) handelt es sich hier um ein thermisches Oxyd in einer Dicke von zirka 2,5 Mikrometern und einer darauf aufgetragenen Leitschicht (3) aus Polysilizium in einer Dicke von zirka 0,5 Mikrometern. Es sind jedoch auch andere Schichtmaterialien vorstellbar, beispielsweise kann die Isolationsschicht (1) auch aus anderen Oxyden, Siliciumnitrid oder anderen Isolationsschichten bestehen. Für die Leitschicht (3) sind neben Polysilizium auch metallische Schichten geeignet, wobei dabei Materialien gewählt werden, die für die nachfolgenden Hochtemperaturschritte unkritisch sind, wie beispielsweise Wolfram. Die Leitschicht (3), die hier aus Polysilizium besteht, wird durch Dotierung aus der Gasphase ( $\text{POCl}_3$ ) dotiert, wobei dabei eine mögliche große Leitfähigkeit angestrebt wird. Es sind auch alle anderen Prozesse zur Erzeugung einer ausreichend stark dotierten Polysiliziumschicht verwendbar.

Durch einen fotolithografischen Prozeß erfolgt dann eine Strukturierung der Leitschicht (3), wie dies in der Fig. 2 gezeigt wird. Die Leitschicht (3) wird so in einzelne gegeneinander isolierte Bereiche unterteilt, die beispielsweise als Leiterbahnen oder Elektroden dienen können.

Auf dem Substrat nach der Fig. 2 wird dann eine zweite Isolationsschicht (2) abgeschieden. Für das Abscheiden dieser Schicht können die aus der Halbleitertechnik bekannten Abscheideprozesse zur Abscheidung von dielektrischen Schichten genutzt werden. Neben Siliciumdioxid können somit auch Siliciumnitrid, verschiedene Gläser oder andere keramische Schichten abgeschieden werden. Für die weitere Beschreibung wird davon ausgegangen, daß die erste dielektrische Schicht (1) aus Siliciumoxyd besteht welches durch thermische Oxydation des Siliciumsubstrats (10) gebildet ist. Die zweite dielektrische Schicht (2) besteht ebenfalls aus Siliciumoxyd, welches jedoch aus der Gasphase, beispielsweise durch Zersetzung von Silan, erzeugt ist. Dabei ist anzumerken, daß die thermische Siliciumoxydschicht (1) eine größere Dichte aufweist als die aus der Gasphase abgeschiedene Siliciumoxydschicht (2). Dies führt dazu, daß bei einer chemischen Ätzung der beiden Schichten die obere Siliciumoxydschicht (2) schneller ätzt als die untere Siliciumoxydschicht (1). In einem fotolithografischen Prozeß erfolgt eine Strukturierung der oberen Isolationsschicht (2), wobei dabei Kontaktlöcher (4) in die obere Isolationsschicht (2) eingebracht werden, durch die die darunter liegende Leitschicht (3) kontaktiert werden kann. Wenn aus der Leitschicht (3) Leiterbahnen herausstrukturiert sind, so können diese durch die Kontaktlöcher (4) hindurch kontaktiert werden.

Auf der Oberfläche des Substrats nach der Fig. 3 wird dann eine Polysiliziumschicht (5) abgeschieden. Die Polysiliziumstartschicht (5) bedeckt die Oberfläche der zweiten Isolationsschicht (2) und dient als Keim für die nachfolgende Abscheidung. Durch einen entsprechenden Dotierungsprozeß, beispielsweise durch Implantation oder durch Eintreiben von Dotierstoffen aus der Gasphase, wird eine starke Dotierung der Polysiliziumstartschicht (5) sichergestellt. Zur Abscheidung der Polysiliziumstartschicht sind alle in der Halbleitertechnik gebräuchlichen Methoden zur Abscheidung von dünnen Polysiliziumschichten auf dielektrischen Schichten geeignet.

In einem weiteren Prozeßschritt erfolgte dann die Abscheidung einer dicken Siliziumschicht. Diese Abscheidung erfolgt in einem Epitaxiereaktor. Bei einem derartigen Epitaxiereaktor handelt es sich um eine Anlage zum Abscheiden von Siliciumschichten, die in der Halbleitertechnik zur Erzeugung von einkristallinen Siliciumschichten auf einem einkristallinen Siliciumsubstrat verwendet werden. Die Abscheidung derartiger Schichten erfolgt in der Regel bei Temperaturen von mehr als 1000 Grad Celsius und es können so Schichten in der Größenordnung von einigen 10 Mikrometern erreicht werden. Da beim vorliegenden Prozeß die Abscheidung im Epitaxiereaktor nicht auf einem einkristallinen Siliciumsubstrat, sondern auf der polykristallinen Siliciumstartschicht erfolgt, bildet sich keine einkristalline Siliciumschicht aus, sondern eine dicke polykristalline Siliciumschicht (6), die im folgenden als dicke Si-Schicht 6 bezeichnet wird. Durch die Abscheidebedingungen mit denen die polykristalline Siliciumstartschicht (5) erzeugt wird, lassen sich die kristallinen Eigenschaften der dicken Siliciumschicht 6 beeinflussen. Weiterhin bewirkt die starke Dotierung der Polysiliciumstartschicht (5) eine Dotierung der dicken Siliciumschicht (6) ausgehend von der Unterseite. Weiterhin erfolgt während des Aufwachsens der dicken Siliciumschicht (6) und in einem nachfolgenden Dotierungsprozeß nach dem Aufwachsen eine weitere Dotierung der dicken Siliciumschicht (6). Die nachfolgende Dotierung der dicken Siliciumschicht (6) kann wiederum durch Implantation, Dotierung aus der Gasphase oder jeden anderen aus der Halbleitertechnik bekannten Dotierungsprozeß erfolgen. Die Polysiliciumstartschicht (5) wird bei diesem Prozeß Teil der dicken Schicht (6). Im Bereich der Kontaktlöcher (4) weist die dicke Schicht (6) einen unmittelbaren Kontakt mit der Leitschicht (3) auf.

Auf der Oberseite der dicken Schicht (6) wird dann noch eine strukturierte Metallschicht (7) aufgebracht. Die Metallschicht kann beispielsweise ganzflächig aufgebracht und anschließend strukturiert werden.

In einem weiteren fotolithografischen Prozeß erfolgt dann eine Strukturierung der dicken Si-Schicht (6), wie dies in der Fig. (6) gezeigt wird. Dazu wird auf der Oberseite der Schicht (6) eine Maske, beispielsweise eine Fotomaske aufgebracht, die auch einen Schutz der Metallschicht (7) in der nachfolgenden Ätzung bewirkt. Durch Öffnungen der Fotolackmaske hindurch erfolgt dann beispielsweise eine Trockenätzung (Plasmaätzung) der dicken Si-Schicht (6) wobei dabei Gräben (9) eingebracht werden. Durch einen Plasmaätzprozeß können Gräben 9 mit einem hohen Aspektverhältnis, d. h. große Tiefe und geringer lateraler Abmessung erzeugt werden.

Nach dem Abscheiden weist die dicke Si-Schicht (6) zunächst eine relative raue Oberfläche auf. Um diese Oberflächenrauigkeit zu planarisieren wird ein Fotolack aufgebracht und es erfolgt ein Ätzprozeß, beispielsweise in einem  $\text{SF}_6/\text{O}_2$  Plasma, welches Lack und Polysilicium mit der gleichen Ätzrateätzt. Da der Fotolack zunächst im flüssigen Zustand aufgebracht wird und dabei eine plane Oberfläche bildet, werden so die Oberflächenrauigkeiten der Schicht (6) verringert.

Die Gräben (9) erstrecken sich von der Oberseite der dicke Si-Schicht (6) bis zur zweiten Isolationsschicht (2). Die Schicht (6) wird so in einzelne Bereiche unterteilt, die gegeneinander isoliert sind, sofern sie nicht über die Leitschicht (3) miteinander verbunden sind.

Durch die Gräben (9) hindurch wird dann ein Ätzmedium an die zweite Isolationsschicht (2) herangeführt,

wobei das Ätzmedium eine Ätzung der die elektrischen Schicht (2) bewirkt. Ausgehend von den Gräben (9) erfolgt dann eine Ätzung der Isolationsschicht (2), wobei dabei nicht nur eine Ätzung unmittelbar unter den Gräben (9) erfolgt, sondern auch, in Abhängigkeit von der Ätzdauer, eine laterale Unterätzung unter die Schicht (6) erfolgt, wie dies in Fig. (7) dargestellt ist. Die Unterätzung unter die Siliziumschicht (6) wird noch zur Fig. (9) näher beschrieben. In der Fig. (7) ist der Zustand nach der Ätzung der Isolationsschicht (2) dargestellt. Dabei erfolgt natürlich auch ein Angriff der Isolationsschicht (1), der jedoch aufgrund der größeren Dichte des Materials und aufgrund der geringen Ätzdauer gering ist. Sofern es für die Funktion des hergestellten Sensorelements gewünscht ist, kann jedoch auch eine Ätzung der unteren Isolationsschicht (1) durch eine längere Ätzdauer erfolgen.

Die Fig. 7 zeigt jetzt einen exemplarischen Querschnitt durch ein Sensorelement. Aus der Schicht (6) sind nun verschiedene Funktionsbereiche herausstrukturiert. Unterhalb der Metallisierung ist ein Anschlußbereich (20) herausstrukturiert, der vollständig von Gräben (9) umgeben ist. Dieser Anschlußbereich (20) ist somit durch die Gräben (9) vollständig dagegen den Rest der Schicht (6) isoliert. Da jedoch der Anschlußbereich (20) in unmittelbarem Kontakt zur Leitschicht (3) steht, kann durch die Leitschicht (3), die in diesem Falle dann als Leiterbahn ausgebildet ist, ein Kontakt zu anderen Bereichen der Schicht (6) hergestellt werden. Der Anschlußbereich (20) mit der darauf aufgetragenen Metallisierung (7) dient zum Befestigen von Bonddrähten, mit denen ein elektrischer Kontakt zur Sensorstruktur hergestellt werden soll. Die als Leiterbahn ausgebildete Leitschicht (3) ermöglicht dabei eine elektrische Verbindung zwischen dem Anschlußbereich (20) und einem Verankerungsbereich (22). Der Verankerungsbereich (22) ist ebenfalls auf der Leitschicht (3) aufgebaut und steht im elektrischen Kontakt zur Leitschicht (3). Weiterhin ist der Verankerungsbereich (22) durch diese Verbindung fest mit dem Substrat verankert. Der Verankerungsbereich (22) geht in einen freistehenden Bereich (23) über. Der freistehende Bereich (23) ist dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht (2) unterhalb des freistehenden Bereiches (23) entfernt ist. Der freistehende Bereich (23) kann daher zum Substrat (10) bewegt werden. Weiterhin wird in der Fig. 7 ein Rahmen (21) gezeigt, der ebenfalls vollständig von Gräben (9) umgeben ist. Durch die Gräben (9) wird der Rahmen (21) gegen die anderen Bereiche der Si-Schicht (6) isoliert. Weiterhin ist der Rahmen (21) auf der Isolationsschicht aufgebaut und ist somit gegen die in der Fig. 7 gezeigte Leitschicht (3) isoliert.

Die Funktion des Rahmens (21) wird in der Fig. 8 erläutert. Im weiteren Verlauf des Herstellungsverfahrens wird auf dem Rahmen (21) ein Deckel (13) befestigt, der einen hermetischen Verschluss des Sensors bewirkt. Es wird so ein hermetischer dichter Verschluss des Sensorelements erreicht. Um den Deckel (13) mit dem Rahmen (21) zu verbinden, ist die Glaslotschicht (8) vorgesehen, die aufgeschmolzen wird und dann die Verbindung zwischen Rahmen (21) und Deckel (13) herstellt. Die Glaslotschicht kann beispielsweise durch Siebdruck auf dem Deckel aufgebracht werden. Wenn das Substrat (10) nicht nur ein Sensorelement aufweist, sondern eine Vielzahl von Sensorelementen parallel auf einem Substrat (10) hergestellt werden, so kann eine Deckelplatte (14) vorgesehen sein, die eine Vielzahl von entsprechenden Deckeln (13) aufweist. Die Substratplatte (10) mit

der Vielzahl von Sensorelementen und die Deckplatte mit der Vielzahl von entsprechenden Deckeln (13) werden dann miteinander verbunden und die einzelnen Sensorelemente werden durch Zerteilen entlang der Zerteilungslinien (15) in einzelne Sensoren zerteilt. Durch die parallele Herstellung einer Vielzahl von Sensoren werden die Kosten für jedes einzelne Sensorelement geringgehalten.

In der Fig. 9 wird eine Aufsicht auf einen Beschleunigungssensor gezeigt, der nach dem Verfahren der Fig. 1 bis 8 hergestellt ist. Zur besseren Übersichtlichkeit sind exemplarisch jeweils drei Elektrodenansätze dargestellt. Im realen Bauelement kann die Zahl deutlicher höher sein. Die Aufsicht der Fig. 9 entspricht dabei einer Aufsicht auf die Struktur, wie sie nach den Herstellungsschritten der Fig. 6 und 7 in der Aufsicht aussieht, wobei jedoch die Metallschicht (7) zur Vereinfachung nicht dargestellt sind. Die Aufsicht der Fig. (9) entspricht somit einer Aufsicht auf die strukturierte dicke Siliciumschicht (6). Die Fig. 6 und 7 stellen jedoch keinen Querschnitt durch die in der Fig. 9 gezeigten Struktur dar, sondern nur eine vereinfachte Darstellung aller wesentlichen Elemente wie sie beim Beschleunigungssensor der Fig. 9 gezeigt werden. Wie in der Fig. 9 zu erkennen ist, ist der Rahmen (21) als rechteckiger Rahmen ausgebildet, der einen Bereich vollständig umschließt. Innerhalb des Rahmens ist das beschleunigungsempfindliche Element angeordnet, wobei das beschleunigungsempfindliche Element Bereiche ausweist, die fest mit dem Substrat verbunden sind und Bereiche aufweist, die vom Substrat gelöst sind. Fest mit dem Substrat verbunden sind die Verankerungsbereiche (22) und die Verbindungselemente (25). Vom Substrat getrennt sind die Druckbalken (30), die Biegeelemente (31), die seismische Masse (32), die beweglichen Elektroden (33) und die feststehenden Elektroden (34, 35). Bei der Herstellung erfolgte die Unterätzung unter die Schicht 6 durch einen zeitbegrenzten Ätzschritt. Die Ätzung wird dabei zeitlich so begrenzt, das Strukturen mit geringer lateraler Ausdehnung unterätzt werden, während Strukturen mit großer lateraler Ausdehnung nicht unterätzt werden. Die Verankerungsbereiche (22) und die Verbindungselemente (25) weisen jeweils eine große laterale Abmessung auf, so daß die unterhalb dieser Strukturen gelegenen Isolationsschichten 1, 2 nicht vollständig unterätzt werden. Die Biegeelemente, die beweglichen Elektroden und die feststehenden Elektroden weisen nur geringe laterale Abmessungen auf, so daß die Isolationsschichten unter diesen Strukturen schnell unterätzt werden. Die seismische Masse (32) und die Druckbalken (30) werden zwar relativ groß ausgestaltet, sie weisen jedoch eine Vielzahl von Ätzlöchern (36) auf, so daß auch die Druckbalken (30) und die seismische Masse (32) nur geringe laterale Abmessungen aufweisen. Die Ätzlöcher (36) erstrecken sich jeweils von der Oberseite der Si-Schicht (6) bis zur Unterseite der dicken Siliciumschicht (6) und erlauben so einen ungehinderten Zugang eines Mediums zu den darunterliegenden Isolationsschichten 1, 2 die als Opferschichten dienen. Für Kontaktlöcher wie sie mit dem Bezugszeichen 4 in der Fig. 7 oder mit den Bezugszeichen 40 bis 49 in der Fig. 9 dargestellt sind gelten die Beschränkungen hinsichtlich der lateralen Abmessungen nicht, da bei ihnen die Si-Schicht 6 unmittelbar mit der Leitschicht 3 verbunden ist. In diesem Fall kann somit keine Unterätzung unter die Schicht 2 erfolgen, so daß bei hinreichend großer lateraler Abmessung der Leitschicht 3 in diesem Bereich in der darüber gelegenen dicken Si-Schicht 6 auch

Strukturen mit sehr kleinen lateralen Abmessungen realisiert werden können. Die lateralen Abmessungen in der Leitschicht 3 können dabei, aufgrund der geringeren Ätzbarkeit der unteren Isolationsschicht 1, entsprechend geringer sein.

Um die elektrischen Verbindungen der einzelnen Bestandteile des Sensors untereinander darzustellen, sind in der Fig. 9 noch Kontaktlöcher (40 bis 49) dargestellt, die jedoch in der Aufsicht auf die Schicht (6) nicht sichtbar sind. In der Fig. 10 sind die Kontaktlöcher der Fig. 9 noch einmal separat dargestellt und die Verbindung der Kontaktlöcher untereinander, die durch die Leitschicht (3) hergestellt wird. Wie in der Fig. 9 zu erkennen ist, ist jede bewegliche Elektrode (33) zwischen zwei feststehenden Elektroden angeordnet. Die feststehenden Elektroden (34) sind dabei jeweils in negativer Y-Richtung und die feststehenden Elektroden (35) in positiver Y-Richtung der dazugehörigen beweglichen Elektrode (33) angeordnet. In der Fig. 9 werden drei Kontaktlöcher (40) gezeigt, durch die ein elektrischer Kontakt zu drei feststehenden Elektroden (34) auf der linken Seite des in der Fig. 9 gezeigten Sensorelements hergestellt wird. Wie in der Fig. 10 zu erkennen ist, sind die Kontaktlöcher (40) durch die als Leiterbahn strukturierte Leitschicht (3) miteinander und mit einem weiteren Kontaktloch (41) verbunden. Das Kontaktloch (41) stellt einen Kontakt zu einem Verbindungselement 25 her, welches eine elektrische Verbindung zwischen der linken Seite des Sensorelements mit der rechten Seite des Sensorelements herstellt. Auf der rechten Seite ist dann dieses Verbindungselement (25) ebenfalls mit den feststehenden Elektroden (34) und einem weiteren Kontaktloch (46) elektrisch verbunden. Wie in der Fig. 10 gezeigt wird ist das Kontaktloch (46) durch die als Leiterbahn strukturierte Leitschicht (3) mit einem weiteren Kontaktloch (49) verbunden, welches den elektrischen Kontakt zu einem außerhalb des Rahmens (21) gelegenen Anschlußbereich (20) herstellt. Durch diesen Anschlußbereich (20) ist somit ein elektrischer Kontakt zu allen feststehenden Elektroden (34) hergestellt und es kann so eine kapazitives Signal von diesen Elektroden abgegriffen werden. Entsprechend sind auf der rechten Seite des Sensorelements Kontaktlöcher (42) vorgesehen, die durch eine Leiterbahn mit einem Kontaktloch (43) verbunden sind. Die Kontaktlöcher (42) stellen wiederum einen Kontakt zu feststehenden Elektroden (35) her. Durch ein Verbindungselement (25) wird dann ein Kontakt zu der auf der linken Seite gelegenen feststehenden Elektroden (35) und einem Kontaktloch (44) hergestellt. Wie in der Fig. 10 zu erkennen ist, wird durch das Kontaktloch (44) und die aus der Leitschicht (3) herausstrukturierte Leiterbahn ein Kontakt zu einem Kontaktloch (47) und einem entsprechenden Anschlußbereich hergestellt. An diesem Anschlußbereich kann somit das Signal der feststehenden Elektroden (35) gemessen werden. Durch das Kontaktloch (45) ist über den Druckbalken (30), die Biegeelemente (31) und die seismische Masse (32) ein elektrischer Kontakt zu den beweglichen Elektroden (33) hergestellt. Das Kontaktloch (45) ist durch eine aus der Leitschicht (3) herausgebildete Leiterbahn mit einem Kontaktloch (48) und einem entsprechenden Anschlußbereich (20) verbunden, an dem somit das kapazitive Signal der beweglichen Elektroden abgreifbar ist.

Wenn eine Beschleunigung in positiver oder negativer Y-Richtung auftritt, so wird die seismische Masse (32) und die daran aufgehängten beweglichen Elektroden (33) in positiver oder negativer Y-Richtung ver-

schoben, da diese Struktur nur an den dünnen Biegeelementen (31) aufgehängt ist. Diese Biegeelemente lassen sich aufgrund ihrer dünnen Ausgestaltung leicht in Y-Richtung verformen. Aufgrund der Auslenkung verändert sich der Abstand der beweglichen Elektroden (33) relativ zu den feststehenden Elektroden (34) und (35). Durch Messung der Kapazität zwischen den feststehenden und beweglichen Elektroden kann somit die Auslenkung nachgewiesen werden.

In der Fig. 9 ist eine Aufsicht auf die Si-Schicht 6 gezeigt, wobei die Metallisierung (7) nicht dargestellt sind. Auf jedem Anschlußbereich (20) ist eine Metallschicht (7) vorgesehen, die die Befestigung eines Bonddrahtes erlaubt. Auf dem Rahmen (21) ist eine Glaslot-schicht (8) vorgesehen, die die Befestigung eines Dekkels (13) erlaubt.

Wie im Querschnitt durch die Fig. (7) zu erkennen ist, ist der Rahmen (21) vollständig gegen die aus der Leitschicht (3) herausgebildeten Leiterbahnen isoliert. Weiterhin sind, wie in der Fig. (10) zu erkennen sind, die einzelnen außer der Leitschicht (3) herausgebildeten Leiterbahnen gegeneinander isoliert.

Der Druckbalken (30) ist vom Substrat gelöst und kann sich gegenüber dem Substrat ausdehnen oder zusammenziehen. Es wird so erreicht, daß thermische bedingte Spannungen und oder Spannungen, die aufgrund des Herstellungsprozesses der dicken Si-Schicht (6) entstehen, keine Auswirkung auf den Spannungszustand der Biegeelemente (31) hat. Diese Spannungen werden durch den parallel angeordneten Druckbalken (30) ausgeglichen.

Die Dicke der ersten und zweiten Isolationsschicht 1, 2 liegt in der Größenordnung von einigen Mikrometern, die Schicht der Leitschicht (3) in der Regel unter einem Mikrometer und die Dicke der Siliziumschicht (6) beträgt in der Größenordnung von einigen 10 Mikrometern. Da die Leitschicht (3) und die Schicht (6) in einigen Bereichen, beispielsweise unterhalb des Rahmens (21), nur durch die wenige Mikrometer dicke zweite Isolationsschicht (2) getrennt sind, treten vergleichsweise große parasitäre Kapazitäten auf. Das Design des in der Fig. 9 gezeigten Sensors ist daher so gewählt, daß die Kapazitäten für beide Gruppen von feststehenden Elektroden (34) und (35) in etwa gleich sind. Weiterhin weist die Leitschicht (3) in der Regel eine vergleichsweise schlechtere Leitfähigkeit auf als die dicke Si-Schicht (6). Das Design ist daher so gewählt, daß von den sechs feststehenden Elektroden (34) in der ersten Gruppe jeweils drei durch eine Leitschicht (3) und weitere drei Elektroden durch die Schicht (6) angeschlossen sind. Entsprechendes gilt für eine zweite Gruppe von feststehenden Elektroden (35). Die parasitären Zuleitungswiderständen zu den einzelnen Elektroden sind daher für beide Gruppen von den feststehenden Elektroden (34, 35) in etwa gleich.

In der Fig. 11 wird ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen Sensors gezeigt, wobei der Querschnitt durch die Fig. 11 im wesentlichen dem Querschnitt der durch die Fig. 7 entspricht, wobei die gleichlautenden Bezugszeichen der Fig. 11 die gleichen Gegenstände bezeichnen wie die entsprechenden Bezugszeichen der Fig. 7. Im Unterschied zur Fig. 7 ist jedoch unterhalb des freigeätzten Bereichs (23) eine vertikale Elektrode (60) vorgesehen, die ebenfalls auf der Leitschicht (3) herausstrukturiert ist. Durch die vertikale Elektrode können beispielsweise Bewegungen des freigeätzten Bereichs (23) in eine Richtung senkrecht zum Substrat nachgewiesen werden. Weiterhin kann eine derartige

vertikale Elektrode (60) als Abschirmelektrode verwendet werden, die die eigentliche Sensorstruktur gegen Einflüsse der Umwelt abschirmt.

In der Fig. 12 wird ein Querschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Sensors gezeigt, wobei dieser Querschnitt wiederum der Fig. 7 entspricht. Mit gleichlautenden Bezugsziffern sind wiederum gleiche Gegenstände bezeichnet. Im Unterschied zu Fig. 7 ist jedoch kein Anschlußbereich (20), der durch Gräben (9) gegen die Schicht (6) isoliert ist, vorgesehen. Die elektrische Kontaktierung erfolgt dadurch, daß unterhalb der Metallisierung (7) zwei Anschlußdiffusionen (64) vorgesehen sind, die sich bis zu einem burried layer (62) erstrecken. Der burried layer (62) ist dann mit der als Leiterbahn ausgebildeten Leitschicht (3) verbunden. Die Isolation gegen den Rest der Leitschicht (6) erfolgt in diesem Fall durch Isolierungsdiffusionen (63). Das Substrat unter den Isolierungsdiffusionen ist dabei p-dotiert. Die Si-Schicht (6), die Anschlußdiffusionen (64) und der burried layer (62) sind dann n-dotiert. Diese Struktur kann besonders vorteilhaft verwendet werden, wenn zusammen mit dem Sensorelement eine Schaltung integriert werden soll.

#### Patentansprüche

1. Sensor, insbesondere Beschleunigungssensor, mit einem Substrat (10) und einer Siliziumschicht (6), wobei aus der Siliziumschicht (6) ein bewegliches Element herausstrukturiert ist, wobei das bewegliche Element mit dem Substrat (10) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Substrat (10) und der Siliziumschicht (6) eine Leitschicht (3) vorgesehen ist, die durch eine Isolationsschicht (2) gegen einen Teil der Siliziumschicht (6) isoliert ist.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (10) aus Silicium besteht.
3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Leitschicht (3) und dem Substrat (10) eine erste Isolationsschicht vorgesehen ist, und daß die Isolationsschicht zwischen der Leitschicht (3) und der Siliciumschicht (6) als zweite Isolationsschicht ausgebildet ist, und daß aus der Leitschicht (3) Leiterbahnen heraus strukturiert sind, die das bewegliche Element elektrisch kontaktieren.
4. Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Element mit einem Rahmen (21) umgeben ist, daß die aus der Leitschicht (3) herausstrukturierte Leiterbahnen mit Kontaktbereichen (20) verbunden sind, die außerhalb des Rahmens angeordnet sind.
5. Sensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Deckel (13) mit dem Rahmen (21) verbunden wird, und so das bewegliche Element in einem Hohlraum eingeschlossen ist, der vom Deckel (13), dem Rahmen (21) und dem Substrat (10) gebildet wird.
6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Element eine seismische Masse (22) aufweist, an der bewegliche Elektroden (33) aufgehängt sind, daß die seismische Masse (32) und die beweglichen Elektroden (33) durch eine Beschleunigung parallel zum Substrat verfügbar sind, daß die beweglichen Elektroden (33) zwischen feststehenden Elektroden (34, 35) angeordnet sind, und daß feststehende Elek-

troden durch Leiterbahnen, die aus der Leitschicht (3) herausstrukturiert sind, verbunden sind und daß feststehende Elektroden (34, 35) durch Verbindungsstrukturen (25) verbunden sind, die aus der Siliciumschicht (6) herausstrukturiert sind.

7. Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die feststehenden Elektroden (34, 35) eine erste Gruppe von feststehenden Elektroden (34) und einer zweiten Gruppe von feststehenden Elektroden (35) aufweisen, daß sich der Abstand zwischen den beweglichen Elektroden (33) und der ersten Gruppe (34) verringert, wenn sich der Abstand zwischen den beweglichen Elektroden (33) und der zweiten Gruppe vergrößert, und das die beiden Gruppen von feststehenden Elektroden (34, 35) durch Leiterbahnen die aus der Leitschicht (3) herausstrukturiert sind und Verbindungsstrukturen (25) die aus der Siliciumschicht (6) herausstrukturiert sind mit Kontaktbereichen (20) verbunden sind, und daß die dabei auftretenden parasitären Widerstände und Kapazitäten in etwa gleich groß sind.

8. Verfahren zur Herstellung von Sensoren, bei dem auf einem Substrat (10), eine Leitschicht (3), eine zweite Isolationsschicht (2) und eine Siliziumschicht (6) aufgebracht wird, wobei die Leitschicht (3) und die zweite Isolationsschicht (2) vor dem Abscheiden der nachfolgenden Schicht strukturiert werden und wobei Gräben (9) in die Siliziumschicht (6) eingebracht werden, die von der Oberseite der Siliciumschicht (6) bis zur zweiten Isolationsschicht reichen, und wobei durch die Gräben (9) hindurch ein Ätzmedium an die zweite Isolationsschicht (2) herangebracht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß für das Substrat ein Siliziumsubstrat verwendet wird, und daß vor dem Abscheiden der Leitschicht (3) eine Isolationsschicht auf dem Substrat (10) erzeugt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Isolationsschicht (1) und die zweite Isolationsschicht (2) aus Siliziumoxyd bestehen.

11. Verfahren nach Anspruch 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumschicht (6) in einem Epitaxiereaktor abgeschieden wird.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

- Leerseite -

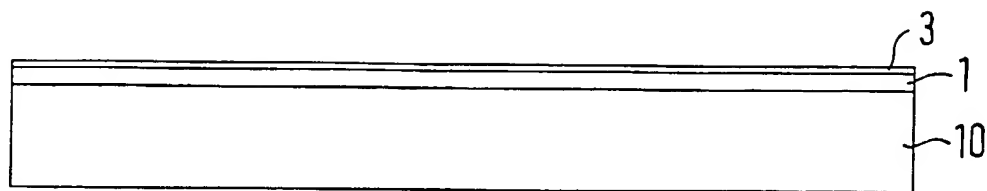


FIG. 1

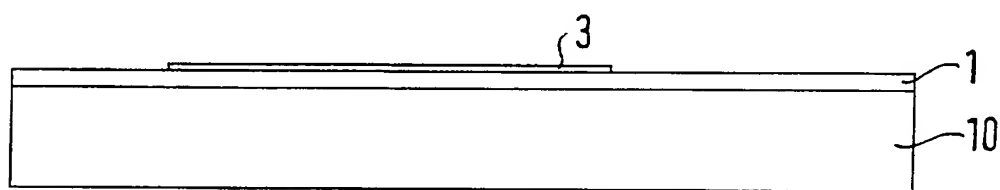


FIG. 2

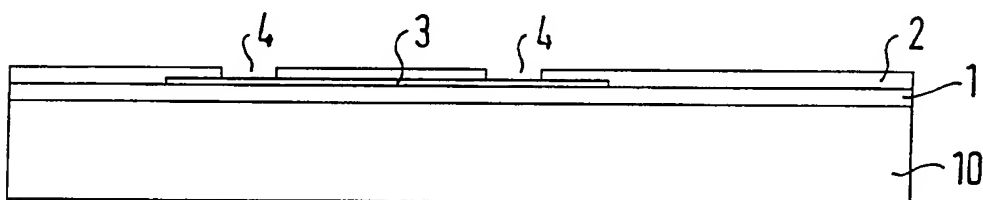


FIG. 3

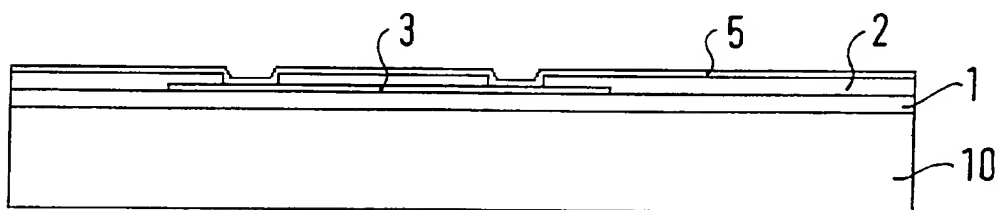


FIG. 4



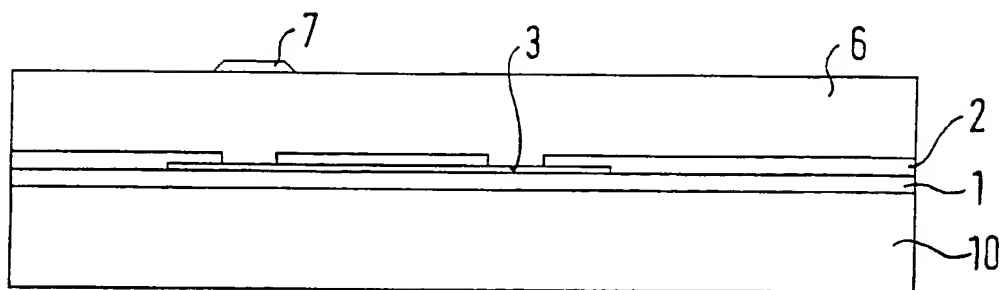


FIG. 5

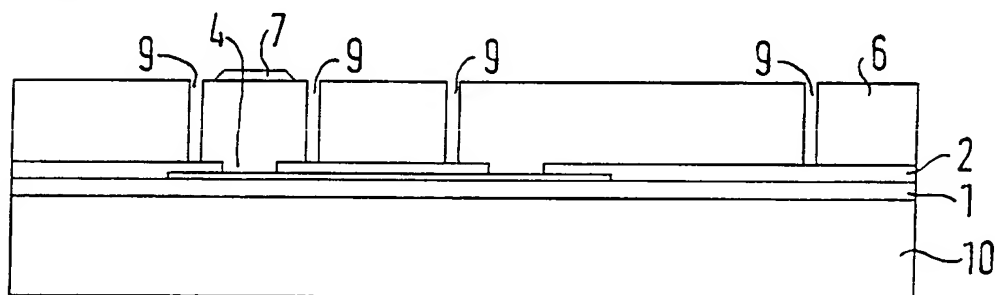


FIG. 6

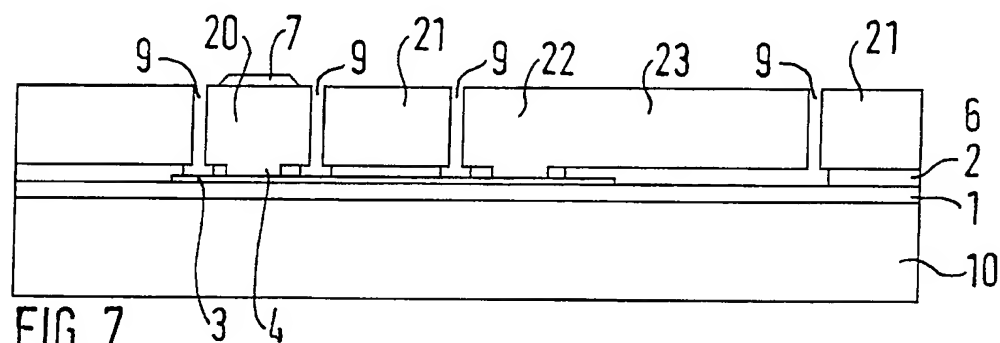


FIG. 7

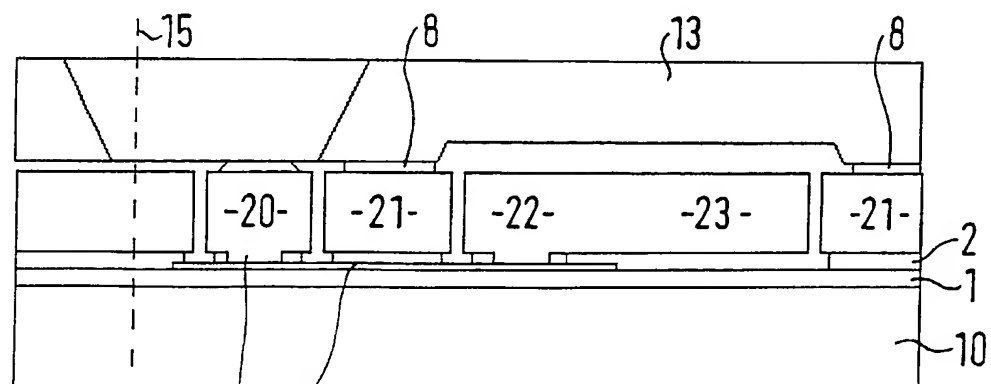


FIG. 8

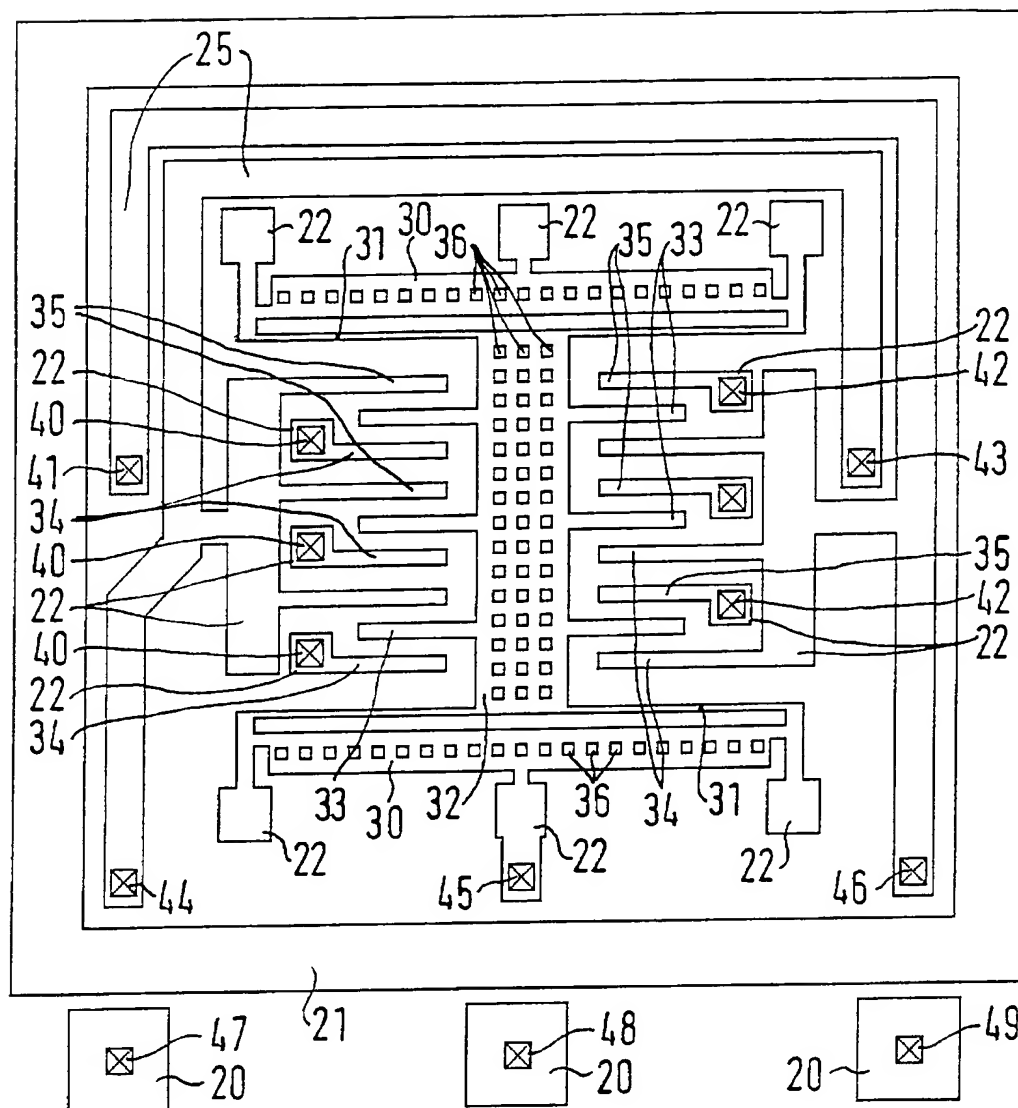
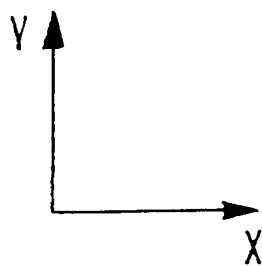


FIG. 9



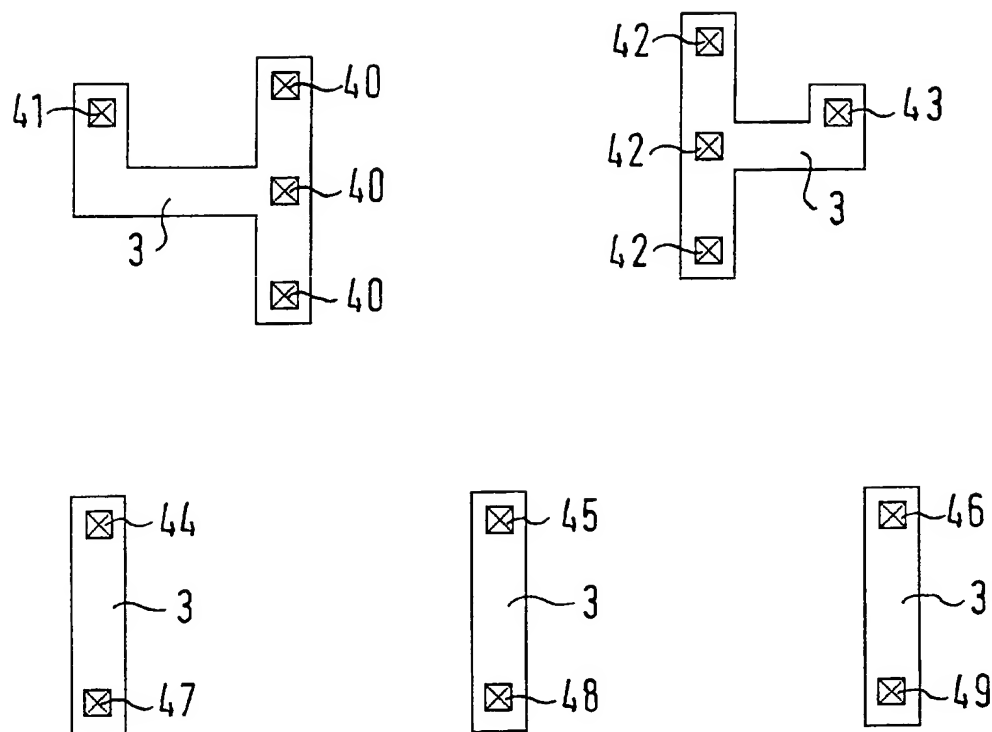


FIG. 10

